

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of	:	
	:	
<b>Der-Zheng LIU et al.</b>	:	Group Art Unit: Not Yet Assigned
	:	
Application No.: Not Yet Assigned	:	Examiner: Not Yet Assigned
	:	
Filed: March 18, 2004	:	

**For: APPARATUS AND METHOD FOR SAMPLING TIMING COMPENSATION IN  
MULTI-CARRIER SYSTEM**

**CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Assistant Commissioner of Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55, Applicant  
claims the right of priority based upon **Taiwanese Application No. 092106239 filed  
March 21, 2004.**

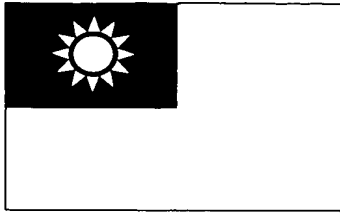
A certified copy of Applicant's priority document is submitted herewith.

Respectfully submitted,

By: Bruce H. Troxell  
Bruce H. Troxell  
Reg. No. 26,592

**TROXELL LAW OFFICE PLLC**  
5205 Leesburg Pike, Suite 1404  
Falls Church, Virginia 22041  
Telephone: (703) 575-2711  
Telefax: (703) 575-2707

Date: March 18, 2004



91A-035  
新 910651.1e1

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，  
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this  
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 03 月 21 日  
Application Date

申請案號：092106239  
Application No.

申請人：瑞昱半導體股份有限公司  
Applicant(s)

局長  
Director General

蔡練生

發文日期：西元 2003 年 8 月 6 日  
Issue Date

發文字號：09220796870  
Serial No.

申請日期：	92-3-2	IPC分類
申請案號：	092106239	H104L 27/26

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	多載波系統之取樣時序補償裝置及方法
	英文	
二、 發明人 (共4人)	姓名 (中文)	1. 柳德政 2. 劉泰誠 3. 湯松年
	姓名 (英文)	1. 2. 3.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW 3. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	1. 台南市長榮路五段123號 2. 高雄市新興區新興路29號 3. 高雄市左營區自助新村246號
	住居所 (英文)	1. 2. 3.
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 瑞昱半導體股份有限公司
	名稱或姓名 (英文)	1. Realtek Semiconductor Corp.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW.
	住居所 (營業所) (中文)	1. 新竹科學園區工業東九路2號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1.
	代表人 (中文)	1. 葉博任
	代表人 (英文)	1.



申請日期：	IPC分類
申請案號：	

91A-035

(以上各欄由本局填註)

# 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人 (共4人)	姓名 (中文)	4. 顏光裕
	姓名 (英文)	4.
	國籍 (中英文)	4. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	4. 台中市愛國街88巷46號
	住居所 (英文)	4.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	
	名稱或 姓名 (英文)	
	國籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中文)	
	住居所 (營業所) (英文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



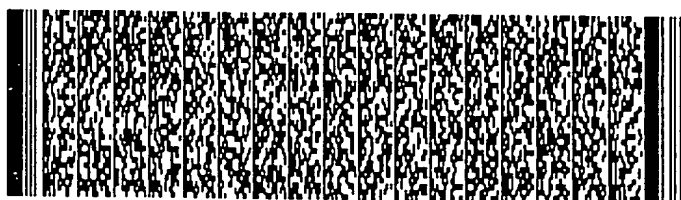
四、中文發明摘要 (發明名稱：多載波系統之取樣時序補償裝置及方法)

本發明係提供多載波系統之取樣時序補償裝置及方法，其係利用系統之導引子通道中，前後兩符元之頻率響應估測值的相位差，來估計系統接收端與發射端間之取樣頻偏，進而補償取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。當累積時序偏移不大時，該補償裝置係利用一相位旋轉器於頻域補償對應的累積相位旋轉量。當累積時序偏移太大時，該補償裝置一方面在時域修正一特定的取樣時序偏移量，另一方面則用該相位旋轉器在頻域補償剩餘之時序偏移所對應的相位旋轉量。其中，該特定取樣時序偏移量之修正，係藉由該補償裝置內之一時序控制器調整產生取樣所需時脈之產生器或移除週期前置之裝置來達成。

五、(一)、本案代表圖為：第 圖四 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



四、中文發明摘要 (發明名稱：多載波系統之取樣時序補償裝置及方法)

40-取樣時序補償裝置

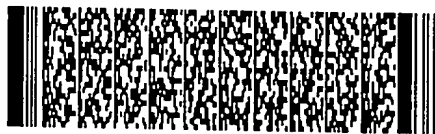
41-導引子通道估計裝置

42-時序偏移估計裝置

43-時序控制器

44-相位旋轉器

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

無

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。





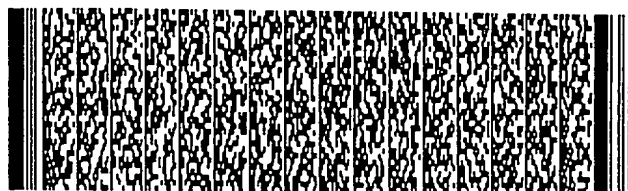
## 五、發明說明 (1)

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於多載波系統中取樣頻率偏移之處理，尤指利用頻域之導引子通道 (pilot subchannel) 的訊號，對取樣頻率偏移所造成累積的時序偏移與相位旋轉進行估計補償之裝置及方法。

### 【先前技術】

隨著寬頻時代的來臨，新的寬頻通訊技術日形重要。近年來，多載波 (multi-carrier 或 multi-tone) 系統已廣泛應用於資料傳輸，如應用於 IEEE 802.11a/g 無線區域網路 (wireless local area network, WLAN) 之正交分頻多工 (orthogonal frequency division multiplexing, 簡稱 OFDM) 技術，又如非對稱式數位用戶迴路 (Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL) 等。圖一係一典型多載波系統 100 的方塊圖。該多載波系統 100 係於發射端 (Tx) 將所要傳送的資料透過訊號對應 (signal mapping) 裝置 101 分別置於頻域的  $N$  個子通道中 ( $N$  為 2 的幕次方)，並使各子通道間的訊號具有正交性 (orthogonality)，以避免「載波間干擾」 (inter-carrier interference, ICI)。接著，利用反快速傅立葉轉換 (inverse fast Fourier transform, IFFT) 裝置 102 轉換成時域訊號，再加上防護區間 (guard interval, GI) 後，經並列至串列轉換器 (parallel-to-serial converter, P/S) 104 及數位至類比轉換器



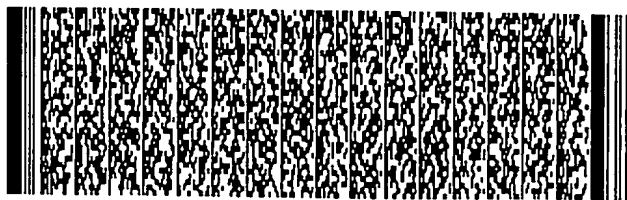
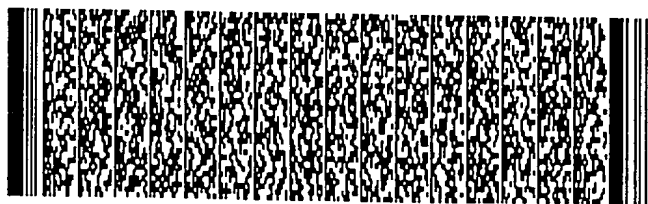
## 五、發明說明 (2)

(digital-to-analog converter, DAC) 105, 再經由通道106進行傳輸。接收端(Rx)則先經類比至數位轉換器(analog-to-digital converter, ADC) 107取樣後, 將GI移除, 並經過串列至並列轉換器(serial-to-parallel converter, S/P) 110, 再送入快速傅立葉轉換(fast Fourier transform, FFT) 裝置111轉換回頻域訊號, 在各個子通道中分別進行通道補償(channel compensation), 最後由訊號解對應(signal demapping) 裝置113解調出原傳送資料。如此, 透過N個子通道平行傳輸, 可達到傳輸的目的。

我們將一組N點IFFT的輸出值稱作符元(symbol)。而由於通道脈衝響應(channel impulse response, CIR) 通常皆非理想, 會造成一符元在經過通道106後, 於接收端影響到後續符元的接收, 造成「符際干擾」

(inter-symbol interference, ISI)。為避免ISI的問題, 一般會在符元間額外加入一段防護區間。防護區間的做法有兩類: (1) 補零(Zero-Padding, ZP), 及(2) 循環前置(Cyclic Prefix, CP)。ZP即為加入一連串的0當GI, 此法具有較佳的能量效率(energy efficiency)。CP則是複製一符元之後段訊號置於該符元之前當GI, 此法可以減少通道脈衝響應所造成之各子通道間的ICI。這部分的訊號處理, 是由圖一中增加防護區間之電路103與移除防護區間之電路109來完成。

在解調接收端之接收訊號時, 需先將接收到的時域訊



### 五、發明說明 (3)

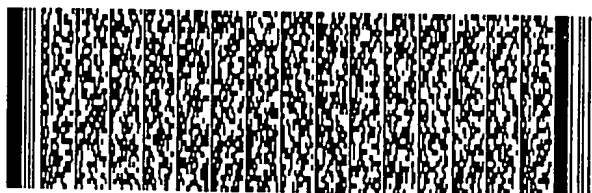
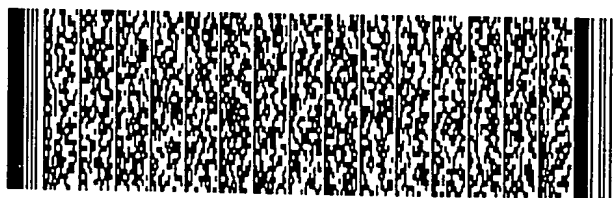
號，經過FFT轉換回頻域訊號，在各個子通道中分別進行解調。若輸入FFT的時域訊號有同步誤差

(synchronization error) 存在，則會在輸出的頻域訊號中造成額外的ICI與相位旋轉，使其正交性被破壞，影響系統效能。因此，多載波系統與其他通訊系統相較之下，對於同步的精確度要求更高。對多載波傳輸系統而言，同步誤差主要包含取樣頻率偏移 (sampling frequency offset) 以及取樣相位誤差 (sampling phase error)。其中，取樣相位誤差對接收端之接收訊號所造成的影響，主要是在頻域之各個子通道輸出產生固定的相位旋轉，所以可用通道估測 (channel estimation) 與通道補償的機制來消除。然而，取樣頻率偏移除了造成額外的ICI，也會使各個子通道輸出產生累積的相位旋轉，導致系統效能逐漸變差，並且還會逐漸改變符元邊界

(symbol boundary) 的位置，而使該接收訊號產生ISI。有鑑於此，本發明的著眼點，即在於提出適用於多載波系統之取樣時序補償裝置及方法，其利用頻域之導引子通道的訊號，對取樣頻率偏移 (下文簡稱「取樣頻偏」) 這種同步誤差進行追蹤及補償，以提昇多載波系統的運作效能。

#### 【發明內容】

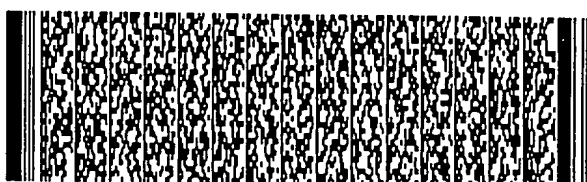
本發明主要係應用於多載波系統中，該系統係於發射端將資料編碼成符元，分置於複數個頻域的子通道傳送，



#### 五、發明說明 (4)

而其中至少包括兩個導引子通道。導引子通道係用以傳送接收端已知之特定訊號，以便進行系統相關的偵測與估計。至於其他的子通道則用於傳送資料。本發明即是利用導引子通道之已知特定訊號，估計出取樣頻偏，據以計算累積時序偏移與對應之相位旋轉，以進行補償，避免取樣頻偏影響系統接收端訊號之解調。

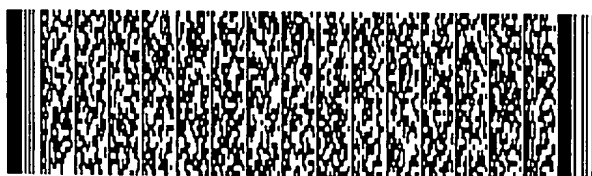
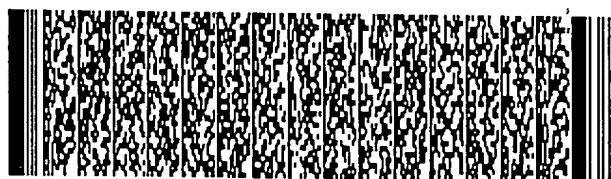
所以，本發明之一目的，即在於提供一種取樣時序補償裝置，可於一多載波系統之接收端，補償接收端與發射端間之取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。在該多載波系統中，每一符元於傳送時前面另加上一週期前置，該週期前置係與該符元最後一部份取樣點相同。該系統接收端之取樣區間 (sampling interval) 為  $T_s$ ，並包含一週期前置去除裝置，用於移除接收端之接收訊號所包含之週期前置。該補償裝置包含：一導引子通道估計裝置，接收導引子通道之訊號，以估計導引子通道之頻率響應；一時序偏移估計裝置，利用前後兩符元之導引子通道頻率響應估計值的相位差，來估計取樣頻偏，並依估計所得與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；一時序控制器，於算出之累積時序偏移的時間間隔大於  $T_s$ ，且該累積時序偏移係正/負值時，調整該週期前置去除裝置後移/前移一個取樣點來去除週期前置；以及一相位旋轉器，以算出之累積時序偏移所對應的累積相位旋轉，補償接收端各個子通道的訊號。其中，若算出之累積時序偏移的時間間隔大於  $T_s$ ，則該時序



#### 五、發明說明 (5)

偏移估計裝置在時序控制器調整該週期前置去除裝置後第一次算出累積時序偏移時，從中扣除 $T_s$ 之對應時序偏移量，並以扣除後結果作為該第一次計算之累積時序偏移。

本發明之次一目的，係提出一種取樣時序補償裝置，可於一多載波系統之接收端，補償接收端與發射端間之取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。該多載波系統之接收端包含一類比至數位轉換器，對所接收之訊號進行取樣，取樣區間為 $T_s$ 。該補償裝置包含：一導引子通道估計裝置，接收導引子通道之訊號，以估計導引子通道之頻率響應；一時序偏移估計裝置，利用前後兩符元之導引子通道頻率響應估測值的相位差，來估計取樣頻偏，並依估計所得與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；一時脈產生器，產生該類比至數位轉換器所需之取樣時脈，並可調整時脈的相位，還具有一最小可調相位量，其對應之時間間隔 $T_f$ 小於 $T_s$ ，且係 $T_s$ 之一分數；一時序控制器，於算出之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_f$ ，且該累積時序偏移係正/負值時，調整該時脈產生器後移/前移一個最小可調相位量來產生時脈；以及一相位旋轉器，以算出之累積時序偏移所對應的累積相位旋轉，補償接收端各個子通道的訊號。其中，若算出之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_f$ ，則該時序偏移估計裝置在時序控制器調整該時脈產生器後第一次算出累積時序偏移時，從中扣除 $T_f$ 之對應時序偏移量，並以扣除後結果作為該第一次計算之累積時序偏移。



## 五、發明說明 (6)

本發明之另一目的，係提出一種取樣時序補償方法，可於一多載波系統之接收端，補償取樣頻偏所造成一接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。在該多載波系統中，每一符元於傳送時前面另加上一週期前置，該週期前置係與該符元最後一部份取樣點相同。該系統接收端之取樣區間為 $T_s$ ，並包含一週期前置去除裝置，用於移除該接收訊號所包含之週期前置。該補償方法包含以下步驟：(a) 接收導引子通道訊號，以估計導引子通道之頻率響應；

(b) 利用前後兩符元之導引子通道頻率響應估測值的相位差，估計取樣頻偏，並依估計所得與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；(c) 判斷算出之累積時序偏移的時間間隔是否大於 $T_s$ ，若是則跳至步驟

(e)，若否則繼續以下步驟；(d) 以算出之累積時序偏移所對應之累積相位旋轉補償各個子通道訊號，再跳回步驟(a)；(e) 依算出之累積時序偏移的正/負號，調整該週期前置去除裝置後移/前移一個取樣點來去除週期前置；(f) 依步驟(b)方式計算出累積時序偏移，並從中扣除 $T_s$ 之對應時序偏移量，以算得新的累積時序偏移；以及(g) 以步驟(f)之新的累積時序偏移所對應之累積相位旋轉補償各個子通道訊號，再跳回步驟(a)。

本發明之再一目的，係提出一種取樣時序補償方法，可於一多載波系統之接收端，補償取樣頻偏所造成一接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。該多載波系統之接收端包含一對該接收訊號進行取樣之類比至數位轉換器，其取



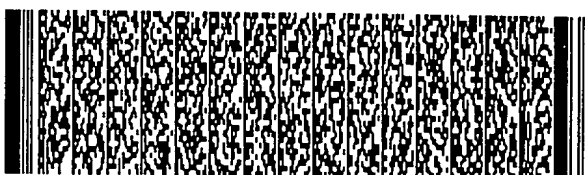
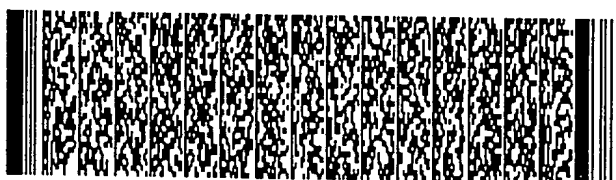
## 五、發明說明 (7)

樣區間為 $T_s$ ，及一產生該類比至數位轉換器取樣所需時脈之時脈產生器，該時脈產生器可調整時脈的相位，並具有一最小可調相位量，其對應之時間間隔 $T_f$ 小於 $T_s$ ，且係 $T_s$ 之一分數。該補償方法包含下列步驟：(a) 接收導引子通道訊號，以估計導引子通道之頻率響應；(b) 利用前後兩符元之導引子通道頻率響應估測值的相位差，估計取樣頻偏，並依估計所得與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；(c) 判斷算出之累積時序偏移的時間間隔是否大於 $T_f$ ，若是則跳至步驟(e)，若否則繼續以下步驟；(d) 以算出之累積時序偏移所對應之累積相位旋轉補償各個子通道訊號；(e) 依算出之累積時序偏移之正/負號，調整時脈產生器後移/前移一個最小可調相位量來產生時脈；(f) 依步驟(b)方式計算出累積時序偏移，並從中扣除 $T_f$ 之對應時序偏移量，以算得新的累積時序偏移；以及(g) 以步驟(f)之新的累積時序偏移所對應之累積相位旋轉補償各個子通道訊號，再跳回步驟(a)。

為使 貴審查委員對於本發明能有更進一步的了解與認同，茲配合圖式詳述本發明的實施方式如后。

### 【實施方式】

圖二係一具有取樣頻偏之取樣系統的方塊圖。圖二中，由於發射端的DAC之取樣頻率與接收端的



## 五、發明說明 (8)

ADC 之取樣頻率  $\hat{f}_s = 1/\hat{T}_s$  不一致，而產生取樣頻偏，此處  $T_s$  與  $\hat{T}_s$  分別為發射端與接收端之取樣區間。為分析方便，將取樣頻偏定義為  $\Delta f_s = f_s - \hat{f}_s$  接收端之取樣區間則可表示為

$$\hat{T}_s = 1/(f_s - \Delta f_s) = T_s / (1 - \Delta) \approx T_s \cdot (1 + \Delta) \quad , \quad \text{其中}$$

$$\Delta = \Delta f_s / f_s = \Delta f_s T_s \quad .$$

多載波系統具有特定的前置訊號 (preamble)，可用來決定初始的符元邊界 (symbol boundary)，但這部分並非本發明的技術內容，此處便不再加以闡述。然而，系統接收端的基頻取樣訊號會因取樣頻偏，增加符元邊界誤差 (symbol boundary error)，造成接收端之接收訊號產生 ISI、延遲-旋轉 (delay-rotator) 及 ICI 的問題，如圖三A 與 B 所示。圖三A 為接收端之接收訊號產生符元邊界後移的示意圖，其係因取樣頻偏  $\Delta f_s$  為正值 (即發射端取樣頻率較接收端取樣頻率大) 所造成。如圖所示，符元邊界後移不但會產生 ICI，還會因一符元區間包含到下一個符元的範圍，而造成 ISI 的問題。圖三B 為接收端之接收訊號產生符元邊界前移的示意圖，其係因取樣頻偏  $\Delta f_s$  為負值 (即發射端取樣頻率較接收端取樣頻率小) 所造成。如圖所示，符元邊界前移除了造成 ICI，還會產生一累積的取樣時序偏移量  $\tau$ ，使得一符元之訊號在經 FFT 運算後，於





## 五、發明說明 (9)

各子通道產生累積的相位旋轉，此即「延遲-旋轉」效應。

進一步言，取樣頻偏對接收端之接收訊號的影響，可分為時域與頻域兩方面來看。在時域方面，假設一符元之時域訊號有 $N+N_{GI}$ 個取樣點，其中 $N$ 為FFT的點數， $N_{GI}$ 為GI的點數，則相鄰兩個符元的第一個取樣點間會額外增加取時序偏移量  $\varepsilon = -(N+N_{GI})\Delta$ ，造成在時域上符元邊界誤差的問題，並使符元之第 $k$ 個子通道訊號有額外的相位旋轉量  $-\omega_k \varepsilon = 2\pi k \Delta \cdot \left(\frac{N+N_{GI}}{N}\right)$ ，其中  $\omega_k = \frac{2\pi k}{N}$  為第 $k$ 個子通道的載波頻率 (carrier frequency)。

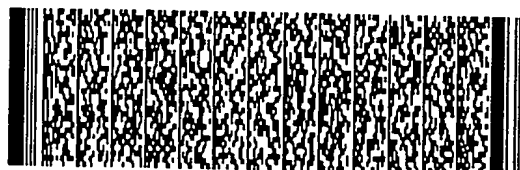
在頻域方面，假設第 $i$ 個子通道響應為 $H_i$  固定不變，且發射端第 $n$ 個符元之第 $i$ 個子通道為 $X_{n,i}$ ，則在接收端的第 $n$ 個符元之第 $k$ 個子通道訊號為

$$\begin{aligned}
 Y_{n,k} &= e^{-j\omega_k(n\varepsilon+\varepsilon_0)} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} H_i \cdot X_{n,i} \cdot \Phi(\omega_k - \omega_i) \\
 &= e^{-j\omega_k(n\varepsilon+\varepsilon_0)} \cdot H_k \cdot X_{n,k} \cdot \Phi(-\Delta\omega_k) \\
 &\quad + \underbrace{e^{-j\omega_k(n\varepsilon+\varepsilon_0)} \cdot \sum_{i=0, (i \neq k)}^{N-1} H_i \cdot X_{n,i} \cdot \Phi(\omega_k - \omega_i)}_{ICI}
 \end{aligned}$$

式 (1-1)

其中， $\omega_i = \omega_k \cdot \frac{f_i}{f_k} \approx \omega_k \cdot (1 + \Delta)$ ， $-\omega_k(n\varepsilon + \varepsilon_0)$  為累積的取

樣時序偏移所造成對應的累積相位旋轉量，則為系統開始接收第一個符元時，接收端之接收訊號即已具有之初



## 五、發明說明 (10)

始取樣時序偏移量。此外， $\Phi(\omega)$  為對應於一個N點全為1的矩形視窗函數 (rectangular window function) 之離散時間傅立葉轉換 (discrete-time Fourier transform, DTFT)，亦即

$$\Phi(\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} 1 \cdot e^{-jn\omega} = \frac{1 - e^{-jN\omega}}{1 - e^{-j\omega}} = e^{-j(N-1)\omega/2} \cdot \frac{\sin(N\omega/2)}{\sin(\omega/2)}$$

其中， $\omega = 2\pi fT$ 。

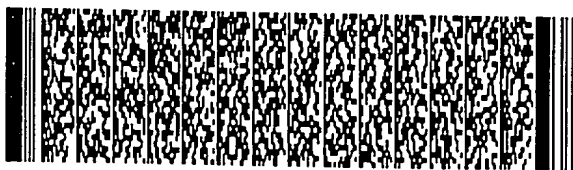
而式 (1-1) 中， $\Phi(-\Delta\omega_k)$  即為各子通道的失真因素 (distortion factor)，其中包含振幅失真 (amplitude distortion) 為  $\frac{\sin(\pi k \Delta)}{\sin(\pi k \Delta / N)}$ ，及相位失真 (phase distortion) 為  $\pi k \Delta (N-1) / N$ 。

既然在多載波系統中，導引子通道係傳送接收端已知之訊號，我們可利用下式取得導引子通道之頻率響應估測值：

$$\hat{H}_{n,k} = \frac{Y_{n,k}}{X_{n,k}} = e^{-j\omega_k(nT + \tau_0)} \cdot H_k \cdot \Phi(-\Delta\omega_k) + \Gamma_{n,k} \quad \text{式 (1-2)}$$

式 (1-2) 中，k 為導引子通道之索引值 (pilot index)，而  $X_{n,k}$  為已知訊號， $\Gamma_{n,k}$  則為其餘的ICI項和雜訊項。

藉由以上分析，可知取樣頻偏可利用前後兩個符元的頻率響應估測值之相位差來估計。若多載波系統使用K個導引子通道，K為大於一的整數，則於估計取樣頻偏時，



## 五、發明說明 (11)

可分別計算任兩個導引子通道中，前後兩個符元的頻率響應估測值之相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，把結果予以加總後，接著求其平均值而得之，亦即

$$\Delta\hat{\theta}_{n,k} = \angle\hat{H}_{n,k} - \angle\hat{H}_{n-1,k}, \quad k = \text{pilot index}$$

$$-\frac{2\pi\hat{\varepsilon}_n}{N} = 2\pi\hat{\Delta}_n \frac{N+N_{GI}}{N} = \frac{2}{K(K-1)} \cdot \sum_{\substack{k,l=\text{pilot index} \\ (k \neq l)}} \left( \frac{\Delta\hat{\theta}_{n,k} - \Delta\hat{\theta}_{n,l}}{k-l} \right)$$

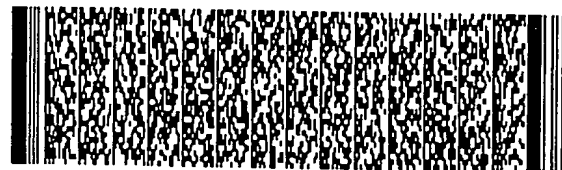
式 (1-3)

式 (1-3) 中， $\hat{\Delta}_n$  即為在第  $n$  個符元時所估出之取樣頻偏。利用  $\hat{\Delta}_n$ ，可估算出累積的取樣時序偏移，即

$$\sum_{k=0}^n \hat{\varepsilon}_k = -(N+N_{GI}) \sum_{k=1}^n \hat{\Delta}_k \approx n\varepsilon \quad \text{式 (1-4)}$$

當累積時序偏移不大時，由於振幅失真、相位失真以及初始取樣時序偏移量  $\varepsilon_0$  所造成之相位旋轉可利用通道補償的機制消除，所以只需在頻域補償對應的累積相位旋轉量即可。

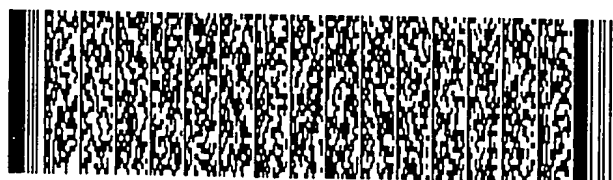
然而，當累積時序偏移太大時，為避免符元邊界誤差造成 ISI 的發生，必須在時域修正一特定的取樣時序偏移量  $\rho$ ，此處  $\rho$  並非完全等於式 (1-4) 的計算結果，而是因應硬體特性，實際在時域所能修正之時序偏移量（詳見下文圖四與圖六之架構）。此處，為確保後續通道補償工作正常，在頻域補償相位時，需同時在各個子通道裡，從原



## 五、發明說明 (12)

本要補償之累積相位旋轉量中，分別扣除已於時域修正之  $\rho$  所對應的相位旋轉量  $\omega_k \rho = \frac{2\pi k \rho}{N}$ ，再以扣除後結果進行相位補償。

本發明依據修正該特定取樣時序偏移量  $\rho$  的方式，提出圖四與圖六兩種可行之取樣時序補償裝置的架構，以下分別詳述之。圖四為一調整移除防護區間取樣點之取樣時序補償裝置的架構圖。此處之防護區間係採用週期前置。該取樣時序補償裝置40可於一多載波系統之接收端，補償取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。在該多載波系統中，包含至少兩個導引子通道，而每一符元於傳送時前面另加上一週期前置，該週期前置係與該符元最後一部份取樣點相同。該系統接收端之取樣區間為  $T_s$ ，並包含一週期前置去除裝置109a，用於移除該接收訊號所包含之週期前置。如圖四所示，取樣時序補償裝置40包含：一導引子通道估計裝置41，接收各導引子通道之訊號，以估計各導引子通道之頻率響應（如式（1-2）所示）；一時序偏移估計裝置42，耦接至導引子通道估計裝置41，以兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移（如式（1-4）所示）；一時序控制器43，耦接至時序偏移估計裝置42及週期前置去除裝置109a，當時序偏移估計裝置42所計算之



## 五、發明說明 (13)

累積時序偏移的時間間隔大於 $T_s$ ，且該累積時序偏移係正/負值時，時序控制器43會調整週期前置去除裝置109a，使其後移/前移一個取樣點來去除該接收訊號所含之週期前置；以及一相位旋轉器44，耦接至時序偏移估計裝置42，依據所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的各個子通道訊號（即式（1-1）中之 $Y_{n,k}$ ）。

在圖四架構的運作中，很重要的一點是，若時序偏移估計裝置42算出之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_s$ ，則時序偏移估計裝置42在時序控制器43調整週期前置去除裝置109a後第一次計算出累積時序偏移時，再將 $T_s$ 之對應時序偏移量（即前述之 $\rho$ ）從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為該第一次計算之累積時序偏移。同時，相位旋轉器44即以扣除 $\rho$ 後之累積時序偏移所對應之累積相位旋轉，來進行補償。

利用前述之取樣時序補償裝置40，本發明提出一種取樣時序補償方法，其包含如圖五之步驟：

- 51：導引子通道估計裝置41接收各導引子通道之訊號，以估計各導引子通道之頻率響應；
- 52：時序偏移估計裝置42以兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；



#### 五、發明說明 (14)

- 53：時序偏移估計裝置42判斷步驟52所計算之累積時序偏移的時間間隔是否大於 $T_s$ ，若是則跳至步驟55，若否則繼續以下步驟；
- 54：相位旋轉器44依據步驟52所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的各個子通道訊號，再跳回步驟51；
- 55：若步驟52所計算之累積時序偏移係正/負值，則時序控制器43調整週期前置去除裝置109a，使其後移/前移一個取樣點來去除該接收端之接收訊號所含之週期前置；
- 56：時序偏移估計裝置42依步驟52的方式計算出累積時序偏移，再將 $T_s$ 之對應時序偏移量從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為新的累積時序偏移；以及
- 57：相位旋轉器44依據步驟56所計算之新的累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的各個子通道訊號，再跳回步驟51。

請參閱圖六，其係一調整ADC取樣時序相位之取樣時序補償裝置的架構圖。該取樣時序補償裝置60，可於一多載波系統之接收端，補償取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉。在該多載波系統中，包含至少兩個導引子通道，且接收端包含一類比至數位轉換器107，對接收端之接收訊號進行取樣，取樣區間為 $T_s$ 。如圖六所示，取樣時序補償裝置60包含：一導引子通道估計裝

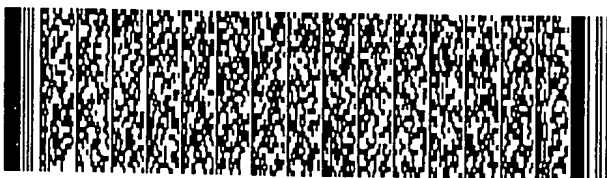


## 五、發明說明 (15)

置41，接收各導引子通道之訊號，以估計各導引子通道之頻率響應（如式（1-2）所示）；一時序偏移估計裝置42，耦接至導引子通道估計裝置41，以兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移（如式（1-4）所示）；一時脈產生器65，耦接至類比至數位轉換器107，產生類比至數位轉換器107進行取樣時所需之時脈，時脈產生器65可調整時脈的相位，並具有一最小可調相位量，其對應之時間間隔 $T_f$ 小於 $T_s$ ，且係 $T_s$ 之一分數；一時序控制器63，耦接至時序頻移估計裝置42及時脈產生器65，當時序偏移估計裝置42所計算之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_f$ ，且該累積時序偏移係正/負值時，時序控制器63會調整時脈產生器65，使其產生之時脈後移/前移一個該最小可調相位量；以及一相位旋轉器44，耦接至時序偏移估計裝置42，依據所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的各個子通道訊號（即式（1-1）中之 $Y_{n,k}$ ）。

實作上，時脈產生器65可內含一鎖相迴路（phase-locked loop, PLL）電路，以進行時脈相位的調整與鎖定。

與前述圖四的情形類似，在圖六的架構中， $T_f$ 之對應時序偏移量即為 $\rho$ 。所以，若時序偏移估計裝置42算出之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_f$ ，則時序偏移估計裝置42

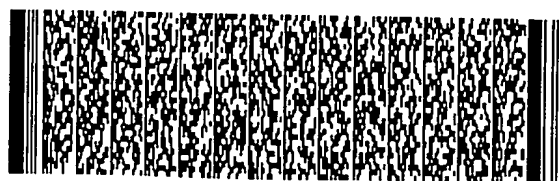
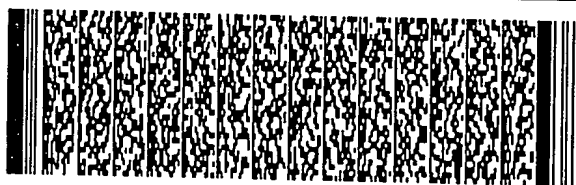


#### 五、發明說明 (16)

在時序控制器63調整時脈產生器65後第一次計算出累積時序偏移時，再將此 $\rho$ 從算得之累積時序偏移中扣除，並以扣除後結果作為該第一次計算之累積時序偏移。同樣地，相位旋轉器44即以扣除後結果所對應之累積相位旋轉，來進行補償。

利用前述之取樣時序補償裝置60，本發明提出另一取樣時序補償方法，其包含如圖七之步驟：

- 71：導引子通道估計裝置41接收各導引子通道之訊號，以估計各導引子通道之頻率響應；
- 72：時序偏移估計裝置42以兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；
- 73：時序偏移估計裝置42判斷步驟72所計算之累積時序偏移的時間間隔是否大於 $T_f$ ，若是則跳至步驟75，若否則繼續以下步驟；
- 74：相位旋轉器44依據步驟52所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的各個子通道訊號，再跳回步驟71；
- 75：若步驟72所計算之累積時序偏移係正/負值，則調整時脈產生器65，使其產生之時脈後移/前移一個該最小可調相位量；
- 76：時序偏移估計裝置42依步驟72的方式計算出累積時序





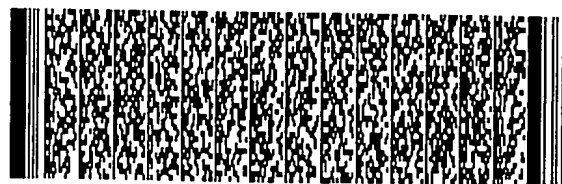
## 五、發明說明 (17)

偏移，再將 $T_f$ 之對應時序偏移量從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為新的累積時序偏移；以及

77：相位旋轉器44依據步驟76所計算之新的累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的各個子通道訊號，再跳回步驟71。

進一步言，若多載波系統包含兩個以上之導引子通道，則在圖五與圖七的步驟中，步驟51與71係分別估測每一導引子通道之頻率響應，而步驟52與72則是將任兩個導引子通道中，前後兩符元之頻率響應估測值的相位差之差先除以該任兩個導引子通道索引值之差，把結果予以加總後，接著求其平均值來估計取樣頻偏（如式（1-3）所示）。

以上所述係利用較佳實施例詳細說明本發明，而非限制本發明之範圍。大凡熟知此類技藝人士皆能明瞭，適當而作些微的改變及調整，仍將不失本發明之要義所在，亦不脫離本發明之精神和範圍。綜上所述，本發明實施之具體性，誠已符合專利法中所規定之發明專利要件，謹請貴審查委員惠予審視，並賜准專利為禱。



## 圖式簡單說明

### 【圖式簡單說明】

圖一係一典型之多載波系統的方塊圖。

圖二係一具有取樣頻偏之取樣系統的方塊圖。

圖三A係接收端之接收訊號產生符元邊界後移的示意圖。

圖三B係接收端之接收訊號產生符元邊界前移的示意圖。

圖四係本發明之一調整移除週期前置取樣點之取樣時序補償裝置的架構圖。

圖五係本發明之取樣時序補償方法的動作流程圖。

圖六係本發明之一調整ADC取樣時序相位之取樣時序補償裝置的架構圖。

圖七係本發明之另一取樣時序補償方法的動作流程圖。

### 圖式之圖號說明：

100- 多載波系統

101- 訊號對應裝置

102- IFFT 裝置

103- 增加防護區間之電路

104- 並列至串列轉換器

105- 數位至類比轉換器

106- 通道

107- 類比至數位轉換器



圖式簡單說明

109- 移除防護區間之電路

109a- 週期前置去除裝置

110- 串列至並列轉換器

111-FFT 裝置

112- 通道補償裝置

113- 訊號解對應裝置

40- 取樣時序補償裝置

41- 導引子通道估計裝置

42- 時序偏移估計裝置

43- 時序控制器

44- 相位旋轉器

51~57- 本發明之取樣時序補償方法的動作流程

60- 取樣時序補償裝置

63- 時序控制器

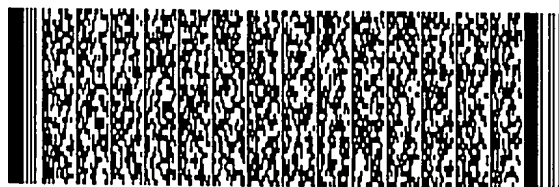
65- 時脈產生器

71~77- 本發明之另一取樣時序補償方法的動作流程



## 六、申請專利範圍

1. 一種用於一多載波系統中之取樣時序補償裝置，該系統係於發射端將資料編碼成符元，分置於複數個頻域的子通道傳送，其中至少包括兩個用於傳送特定訊號之導引子通道，每一符元前面另加上一週期前置一起傳送，該週期前置係與該符元最後一部份取樣點相同，而該系統接收端之取樣區間為 $T_s$ ，並包含一週期前置去除裝置，用於移除接收端之接收訊號所包含之週期前置，該取樣時序補償裝置則位於該系統之接收端，以補償該系統接收端與發射端間之取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉，該取樣時序補償裝置包含：
  - 一導引子通道估計裝置，接收該兩個導引子通道之訊號，以分別估計該兩個導引子通道之頻率響應；
  - 一時序偏移估計裝置，耦接至該導引子通道估計裝置，以該兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；
  - 一時序控制器，耦接至該時序頻移估計裝置及該週期前置去除裝置，當該時序偏移估計裝置所計算之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_s$ ，且該累積時序偏移係正/負值時，該時序控制器會調整該週期前置去除裝置，使其後移/前移一個取樣點來去除接收端之接收訊號所含之週期前置；以及
  - 一相位旋轉器，耦接至該時序偏移估計裝置，依據



## 六、申請專利範圍

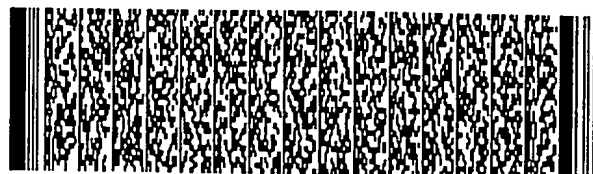
所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的該些子通道訊號；

其中若所計算之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_s$ ，則該時序偏移估計裝置在該時序控制器調整該週期前置去除裝置後第一次計算出累積時序偏移時，再將 $T_s$ 之對應時序偏移量從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為該第一次計算之累積時序偏移。

2. 如申請專利範圍第1項所述之取樣時序補償裝置，其中若該些子通道包含兩個以上之導引子通道，則該導引子通道估計裝置分別估測每一該些導引子通道之頻率響應，而該時序偏移估計裝置則將任兩個該些導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差先除以該任兩個導引子通道索引值之差，把結果予以加總後，接著求其平均值來估計取樣頻偏。

3. 一種用於一多載波系統中之取樣時序補償裝置，該系統係於發射端將資料編碼成符元，分置於複數個頻域的子通道傳送，其中至少包括一用於傳送特定訊號之導引子通道，而該系統之接收端包含一類比至數位轉換器，對所接收之訊號進行取樣，取樣區間為 $T_s$ ，該取樣時序補償裝置則位於該系統之接收端，以補償該系統接收端與發射端間之取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉，該取樣時序補償裝置包含：

一導引子通道估計裝置，接收該兩個導引子通道之訊號，以分別估計該兩個導引子通道之頻率響應；



#### 六、申請專利範圍

一時序偏移估計裝置，耦接至該導引子通道估計裝置，以該兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；

一時脈產生器，耦接至該類比至數位轉換器，產生該類比至數位轉換器進行取樣時所需之時脈，該時脈產生器可調整時脈的相位，並具有一最小可調相位量，其對應之時間間隔 $T_f$ 小於 $T_s$ ，且係 $T_s$ 之一分數；

一時序控制器，耦接至該時序頻移估計裝置及該時脈產生器，當該時序偏移估計裝置所計算之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_f$ ，且該累積時序偏移係正/負值時，該時序控制器會調整該時脈產生器，使其產生之時脈後移/前移一個該最小可調相位量；以及

一相位旋轉器，耦接至該時序偏移估計裝置，依據所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的該些子通道訊號；

其中若所計算之累積時序偏移的時間間隔大於 $T_f$ ，則該時序偏移估計裝置在該時序控制器調整該時脈產生器後第一次計算出累積時序偏移時，再將 $T_f$ 之對應時序偏移量從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為該第一次計算之累積時序偏移。

4. 如申請專利範圍第3項所述之取樣時序補償裝置，其中若該些子通道包含兩個以上之導引子通道，則該導引子

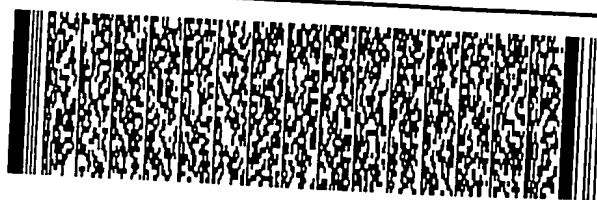
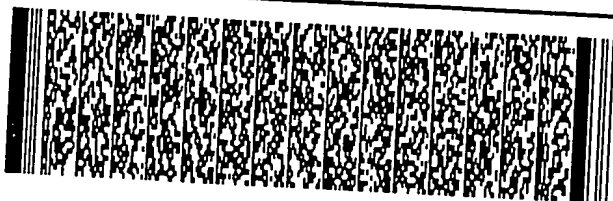


## 六、申請專利範圍

通道估計裝置分別估測每一該些導引子通道之頻率響應，而該時序偏移估計裝置則將任兩個該些導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差先除以該任兩個導引子通道索引值之差，把結果予以加總後，接著求其平均值來估計取樣頻偏。

5. 如申請專利範圍第3項所述之取樣時序補償裝置，其中該時脈產生器包括一鎖相迴路（PLL）電路。
6. 一種用於一多載波系統中之取樣時序補償方法，該系統係於發射端將資料編碼成符元，分置於複數個頻域的子通道傳送，其中至少包括兩個用於傳送特定訊號之導引子通道，每一符元前面另加上一週期前置一起傳送，該週期前置係與該符元最後一部份取樣點相同，而該系統接收端之取樣區間為 $T_s$ ，並包含一週期前置去除裝置，用於移除接收端之接收訊號所包含之週期前置，該取樣時序補償方法則用以在該系統之接收端，補償接收端與發射端間之取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉，該取樣時序補償方法包含下列步驟：

- (a) 接收該兩個導引子通道之訊號，以分別估計該兩個導引子通道之頻率響應；
- (b) 以該兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的



## 六、申請專利範圍

累積時序偏移；

(c) 判斷步驟 (b) 所計算之累積時序偏移的時間間隔是否大於  $T_s$ ，若是則跳至步驟 (e)，若否則繼續以下步驟；

(d) 依據步驟 (b) 所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的該些子通道訊號，再跳回步驟 (a)；

(e) 若步驟 (b) 所計算之累積時序偏移係正/負值，則調整該週期前置去除裝置，使其後移/前移一個取樣點來去除該接收訊號所含之週期前置；

(f) 依步驟 (b) 的方式計算出累積時序偏移，再將  $T_s$  之對應時序偏移量從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為新的累積時序偏移；以及

(g) 依據步驟 (f) 所計算之新的累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的該些子通道訊號，再跳回步驟 (a)。

7. 如申請專利範圍第6項所述之取樣時序補償方法，其中若該些子通道包含兩個以上之導引子通道，則步驟

(a) 中，係分別估測每一該些導引子通道之頻率響應，而步驟 (b) 中，係將任兩個該些導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差先除以該任兩個導引子通道索引值之差，把結果予以加總後，接著求其平均值來估計取樣頻偏。

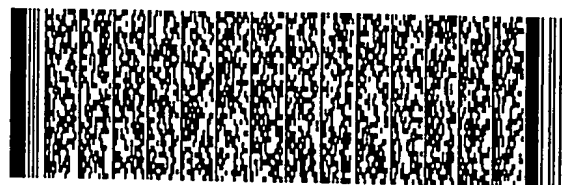
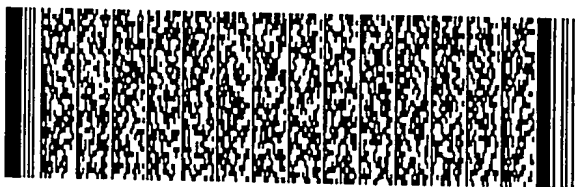




## 六、申請專利範圍

8. 一種用於一多載波系統中之取樣時序補償方法，該系統係於發射端將資料編碼成符元，分置於複數個頻域的子通道傳送，其中至少包括兩個用於傳送特定訊號之導引子通道，而該系統之接收端包含一對所接收之訊號進行取樣之類比至數位轉換器，其中取樣區間為 $T_s$ ，及一產生該類比至數位轉換器取樣所需時脈之時脈產生器，該時脈產生器可調整時脈的相位，並具有一最小可調相位量，其對應之時間間隔 $T_f$ 小於 $T_s$ ，且係 $T_s$ 之一分數，該取樣時序補償方法則用以在該系統之接收端，補償接收端與發射端間之取樣頻偏所造成接收端之接收訊號累積的時序偏移與相位旋轉，該取樣時序補償方法包含下列步驟：

- (a) 接收該兩個導引子通道之訊號，以估計該兩個導引子通道之頻率響應；
- (b) 以該兩個導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差除以該兩個導引子通道索引值之差，來估計取樣頻偏，並依據所估計之取樣頻偏與前一次計算之累積時序偏移來計算新的累積時序偏移；
- (c) 判斷步驟(b)所計算之累積時序偏移的時間間隔是否大於 $T_f$ ，若是則跳至步驟(e)，若否則繼續以下步驟；
- (d) 依據步驟(b)所計算之累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的該些子通道訊號；

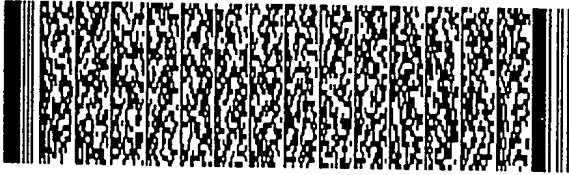


## 六、申請專利範圍

- (e) 若步驟 (b) 所計算之累積時序偏移係正/負值，則調整該時脈產生器，使其產生之時脈後移/前移一個該最小可調相位量；
  - (f) 依步驟 (b) 的方式計算出累積時序偏移，再將 $T_f$ 之對應時序偏移量從算得之累積時序偏移中扣除，而以扣除後結果作為新的累積時序偏移；以及
  - (g) 依據步驟 (f) 所計算之新的累積時序偏移，以對應之累積相位旋轉補償接收端的該些子通道訊號，再跳回步驟 (a)。
9. 如申請專利範圍第8項所述之取樣時序補償方法，其中若該些子通道包含兩個以上之導引子通道，則步驟 (a) 中，係分別估測每一該些導引子通道之頻率響應，而步驟 (b) 中，係將任兩個該些導引子通道中，前後兩個符元之頻率響應估測值的相位差之差先除以該任兩個導引子通道索引值之差，把結果予以加總後，接著求其平均值來估計取樣頻偏。



第 1/31 頁



第 2/31 頁



第 3/31 頁



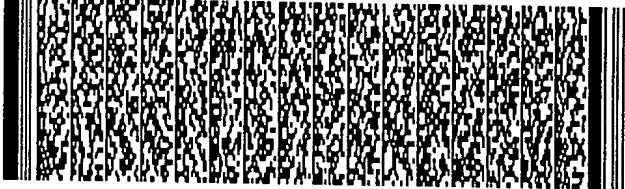
第 4/31 頁



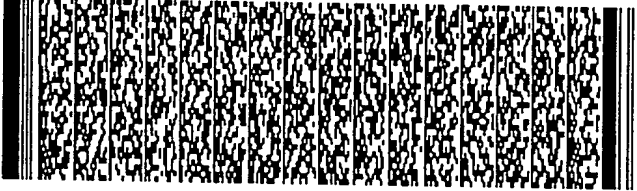
第 5/31 頁



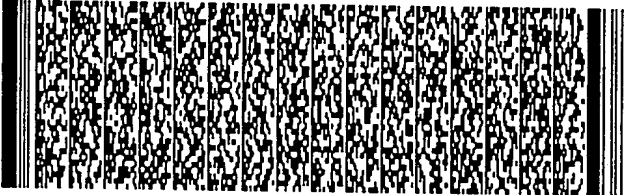
第 6/31 頁



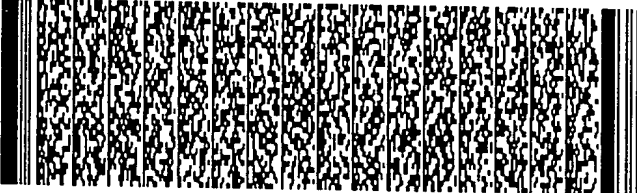
第 6/31 頁



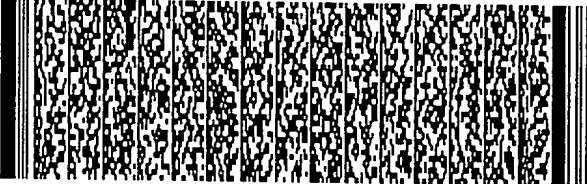
第 7/31 頁



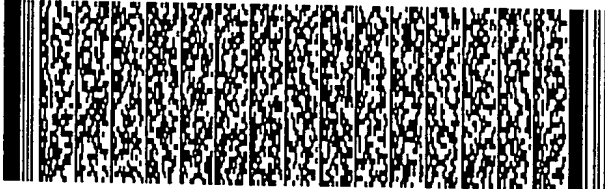
第 7/31 頁



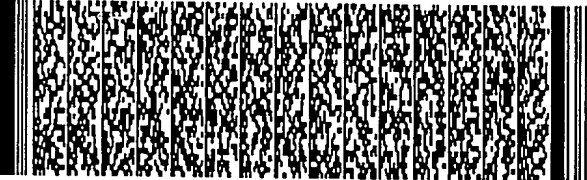
第 8/31 頁



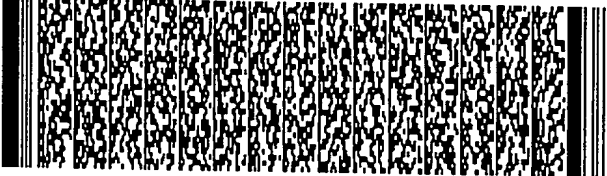
第 8/31 頁



第 9/31 頁



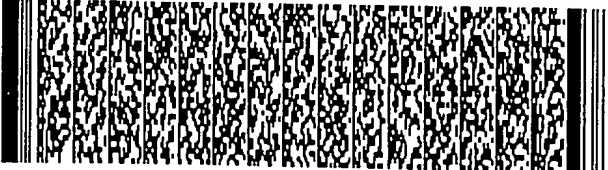
第 9/31 頁



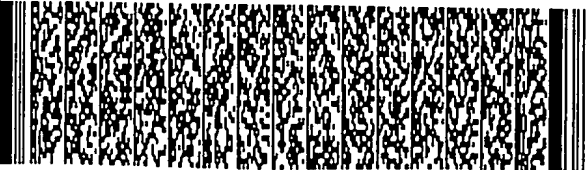
第 10/31 頁



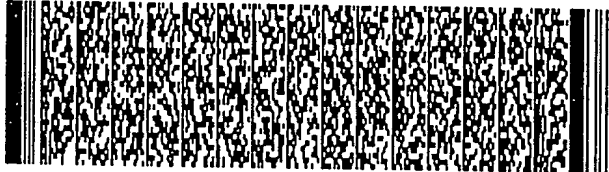
第 10/31 頁



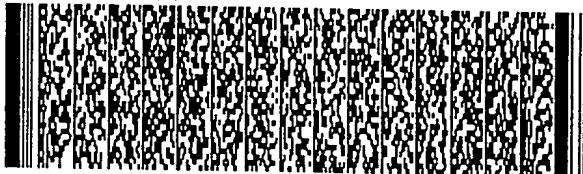
第 11/31 頁



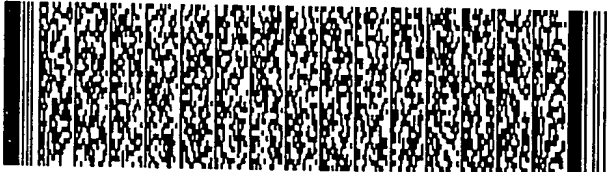
第 11/31 頁



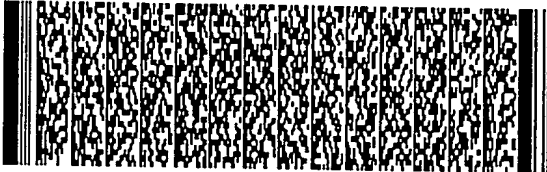
第 12/31 頁



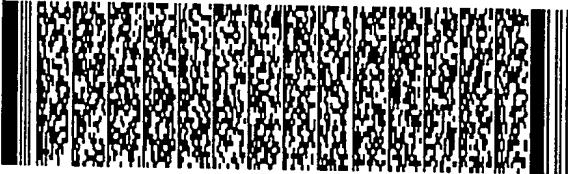
第 12/31 頁



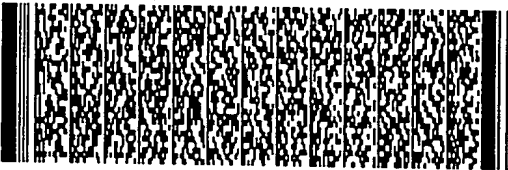
第 13/31 頁



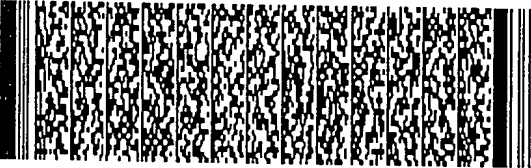
第 13/31 頁



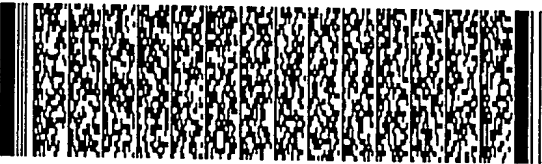
第 14/31 頁



第 14/31 頁



第 15/31 頁



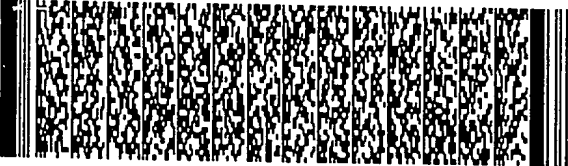
第 15/31 頁



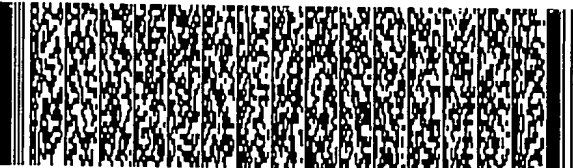
第 16/31 頁



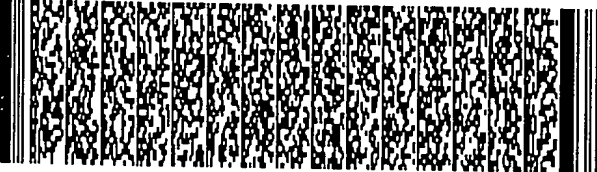
第 16/31 頁



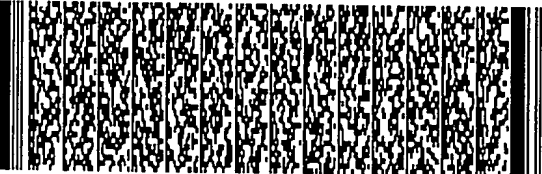
第 17/31 頁



第 17/31 頁



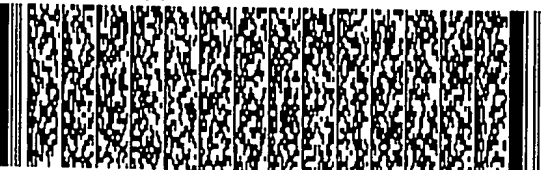
第 18/31 頁



第 18/31 頁



第 19/31 頁



第 19/31 頁



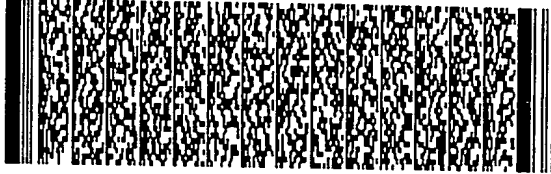
第 20/31 頁



第 20/31 頁



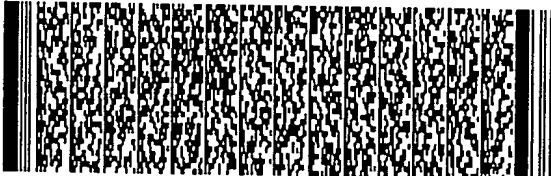
第 21/31 頁



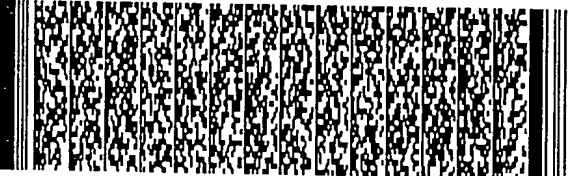
第 21/31 頁



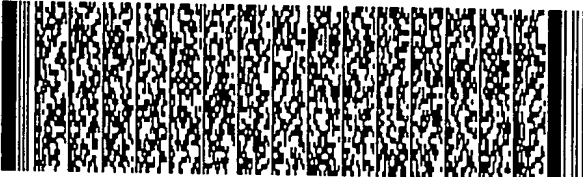
第 22/31 頁



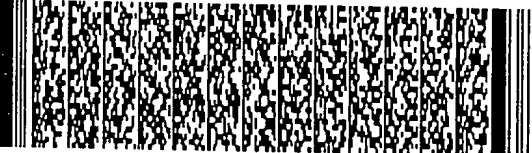
第 22/31 頁



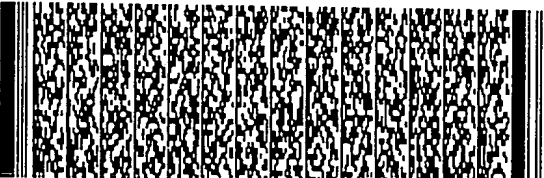
第 23/31 頁



第 24/31 頁



第 25/31 頁



第 25/31 頁



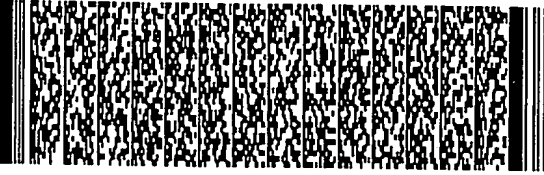
第 26/31 頁



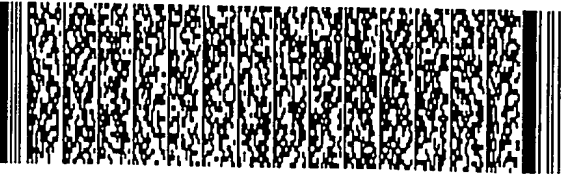
第 26/31 頁



第 27/31 頁



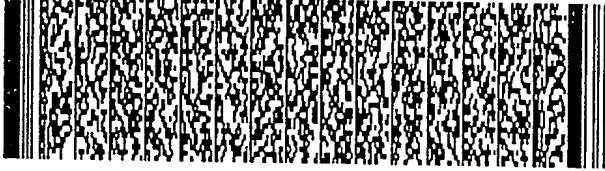
第 27/31 頁



第 28/31 頁



第 28/31 頁



第 29/31 頁



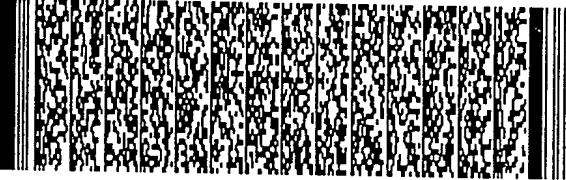
第 29/31 頁



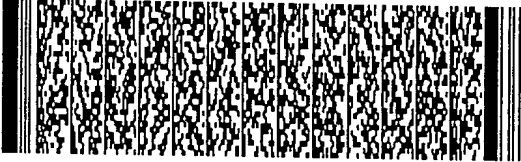
第 30/31 頁



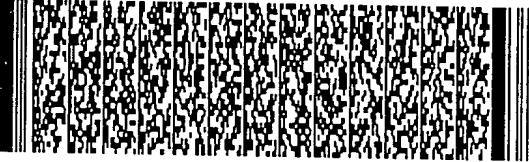
第 30/31 頁



第 31/31 頁



第 31/31 頁



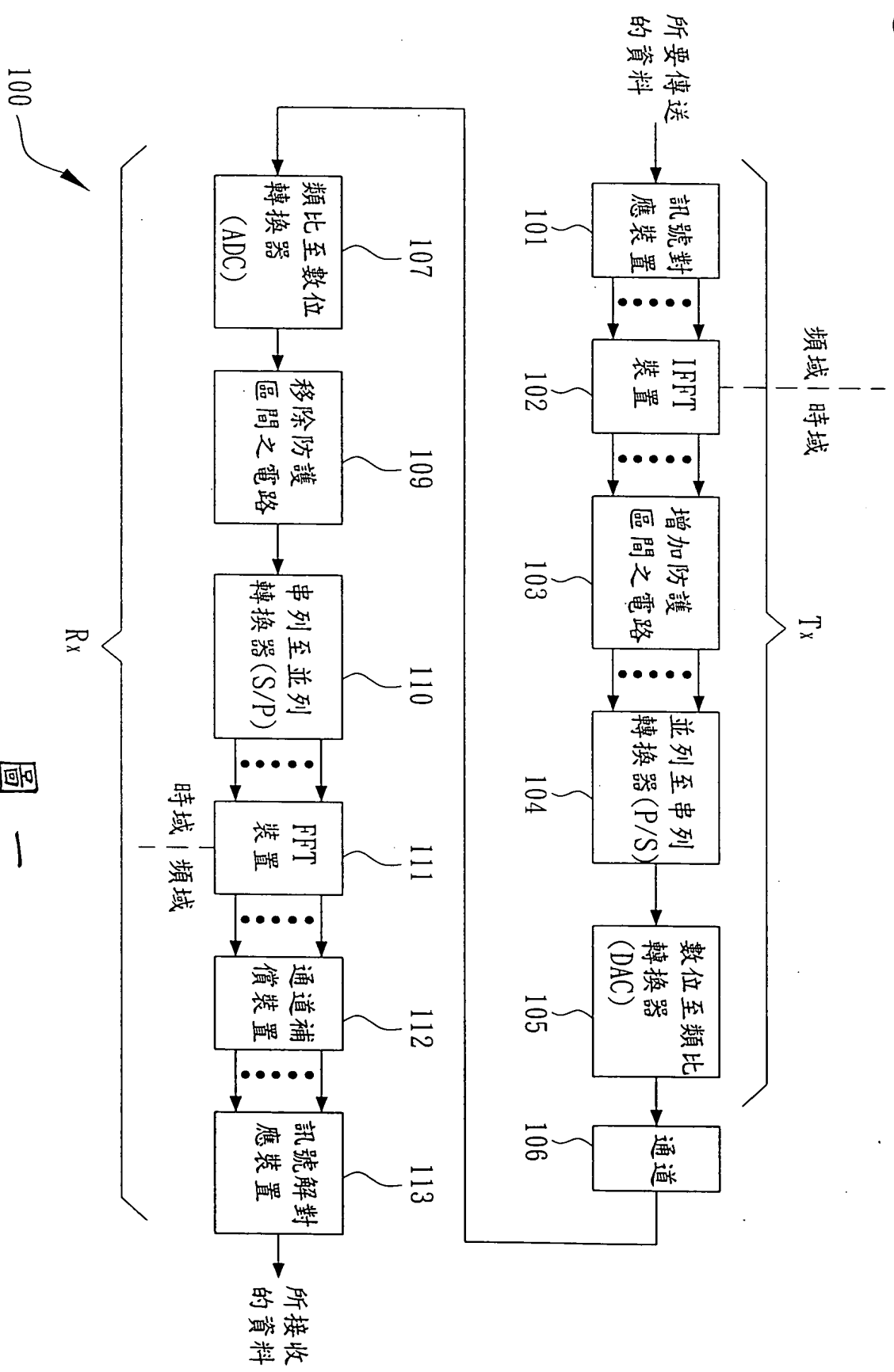


圖 一

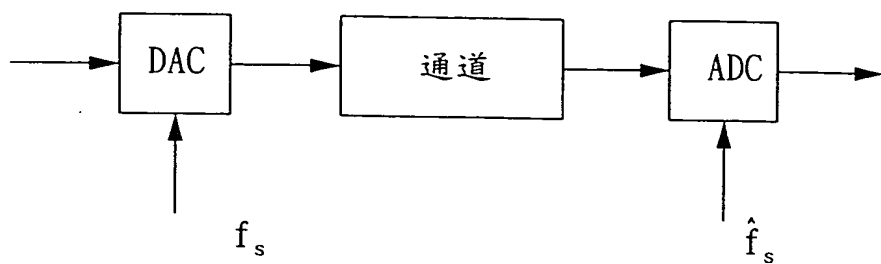


圖 二

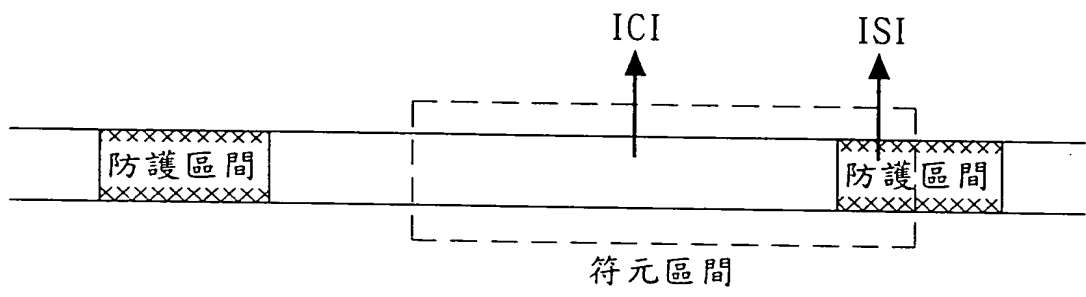


圖 三 A

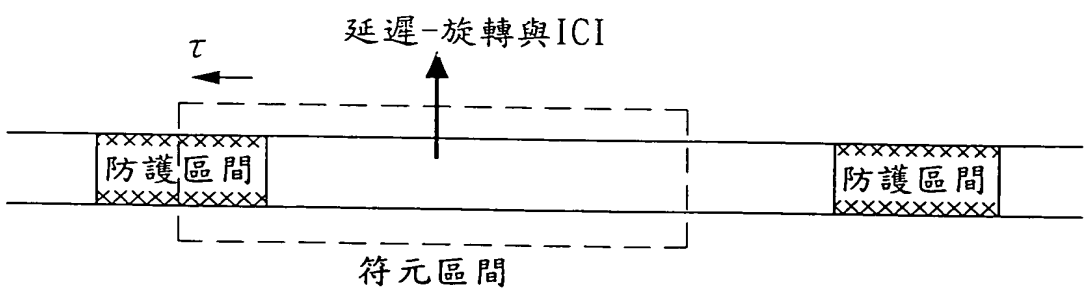
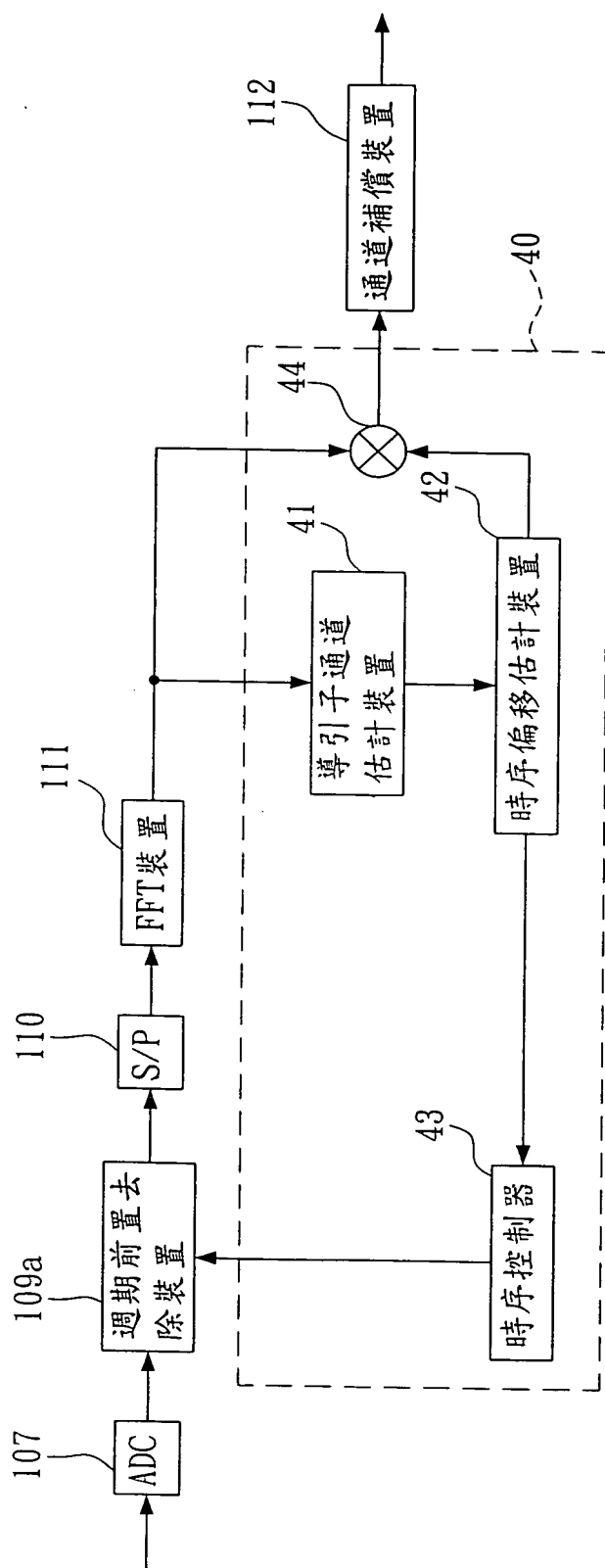


圖 三 B





圖四

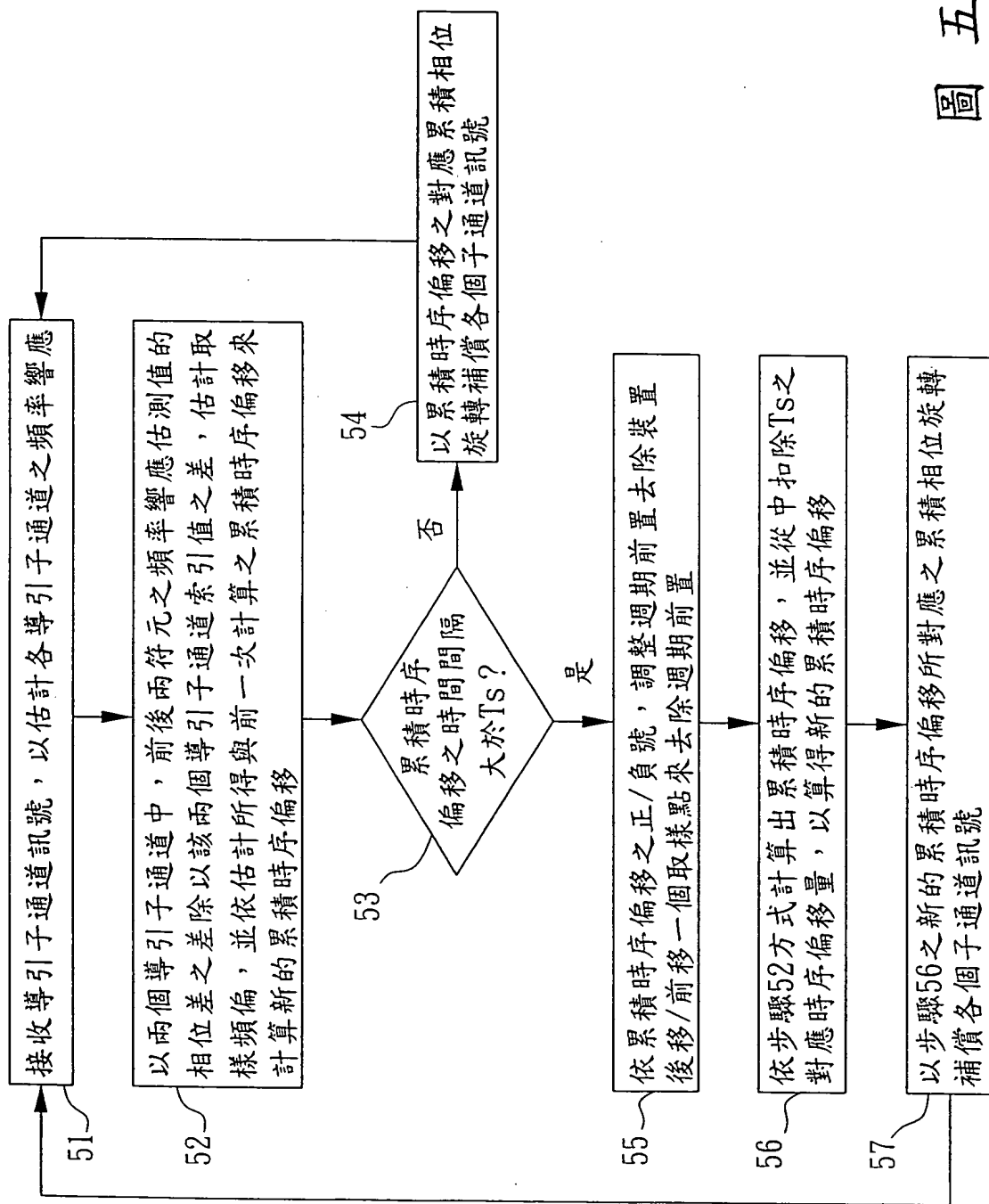
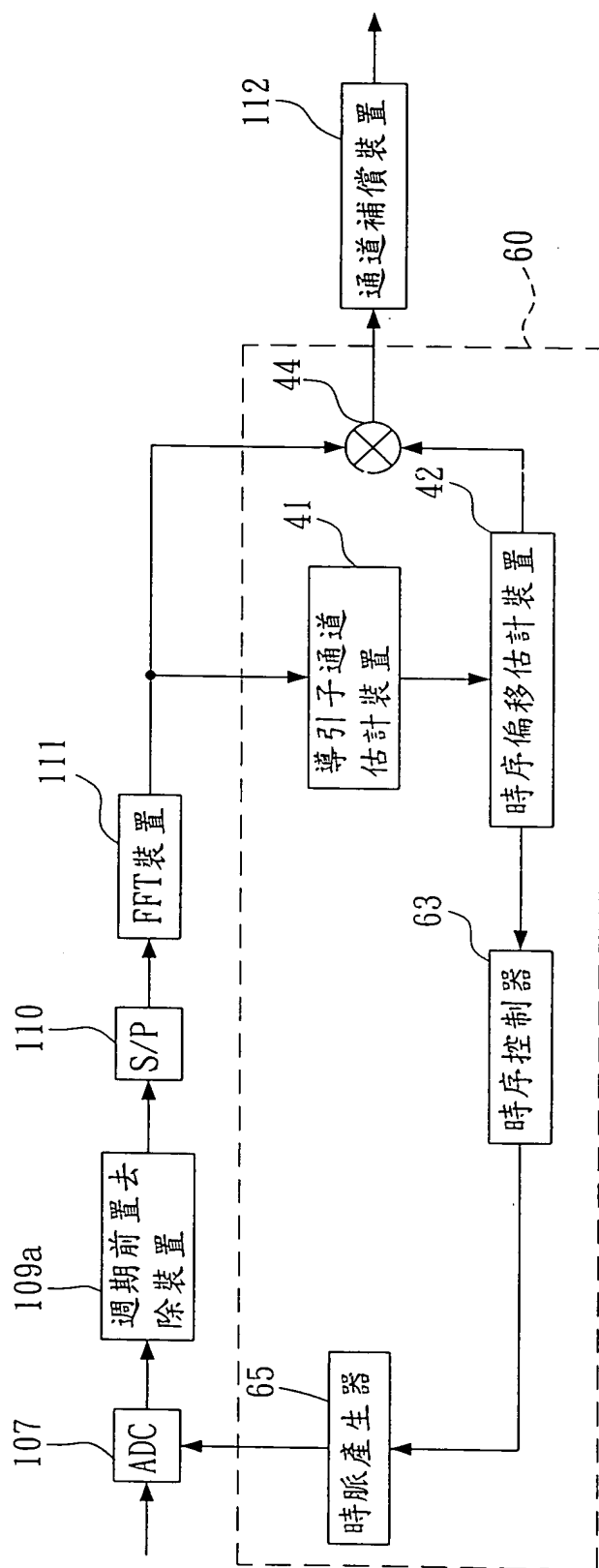


圖 五



圖六

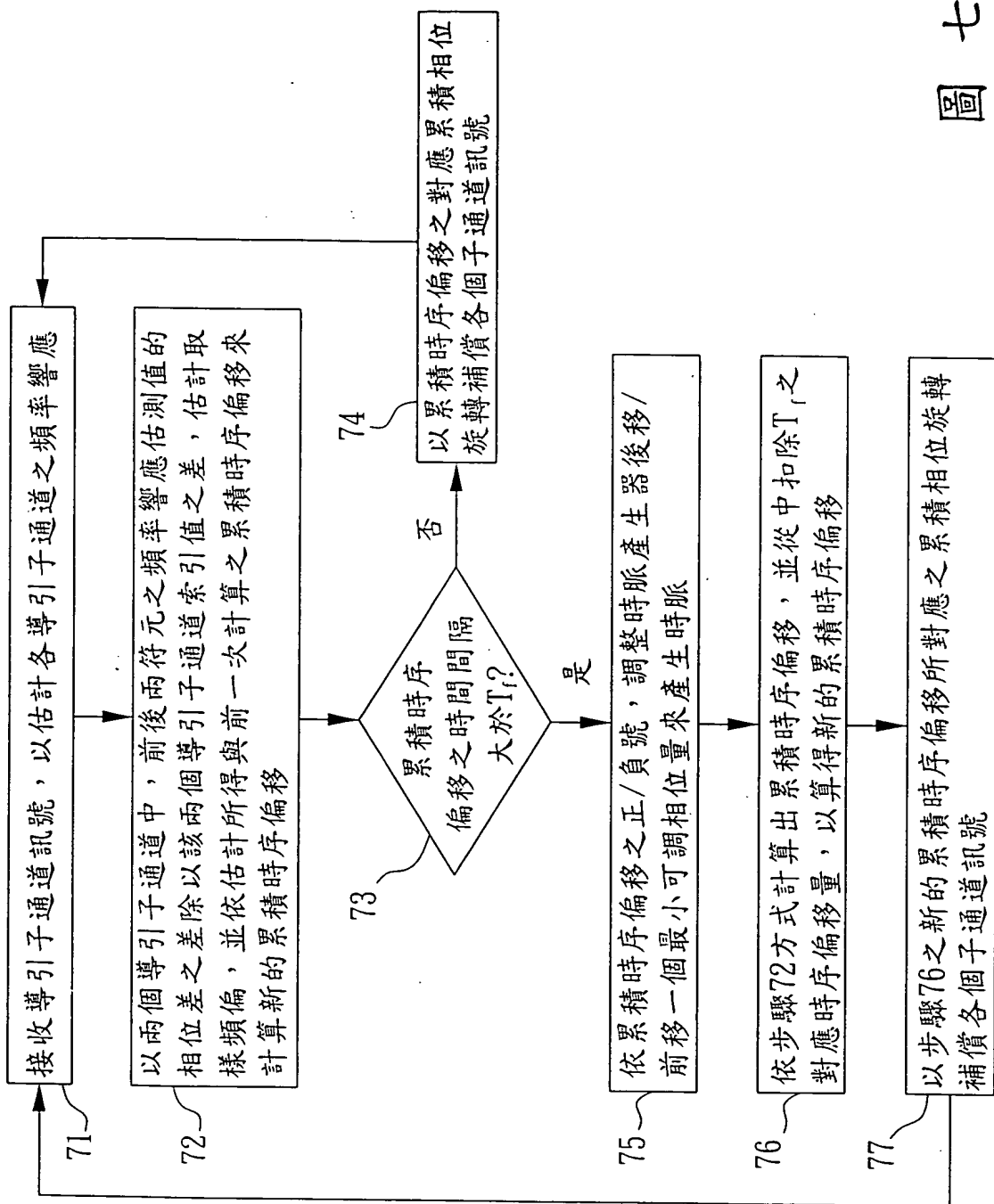


圖 七